

ЗМІСТ

ВСТУП	7
-----------------	---

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕНОСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПРЯМОВАНOSTІ ДОСЛІДЖЕНЬ

<i>(Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Журавльов О. В.).</i>	8
1.1 Практичні аспекти напряму досліджень та актуальність наукової проблеми.	8
1.2 Управління водним режимом ґрунту інструментальними методами.	12
1.3 Управління водним режимом ґрунту методами фітомоніторингу.	21
1.4 Розрахункові методи визначення евапотранспірації.	23
1.5 Вплив метеопараметрів на транспірацію та продуктивність рослин.	35
Список використаних джерел до розділу 1.	44

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, СХЕМИ І МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

<i>(Шатковський А. П., Журавльов О. В.).</i>	58
2.1 Характеристика ґрунтів.	58
2.2 Кліматичні та погодні умови.	64
2.3 Методики і схеми проведення досліджень.	72
Список використаних джерел до розділу 2.	86

РОЗДІЛ 3

УПРАВЛІННЯ ВОДНИМ РЕЖИМОМ ҐРУНТУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

<i>(Журавльов О. В., Шатковський А. П., Черевичний Ю. О., Гуленко О. І.).</i>	93
3.1 Управління зрошенням на основі використання інтернет-метеостанцій iMetos.	93
3.2 Управління зрошенням на основі використання мультисенсорного зонда AquaSpray CTG-02.	111
3.3 Управління зрошенням на основі використання інтернет-метеостанції WatchDog.	124
3.4 Функціональні залежності між об'ємною вологістю ґрунту та показниками датчиків залежно від гранулометричного складу ґрунту.	130

3.5	Управління зрошенням на основі використання ручних приладів вимірювання вологи.	135
3.6	Діагностика строків поливу томату за концентрацією клітинного соку листа.	142
	Список використаних джерел до розділу 3.	146

РОЗДІЛ 4

УПРАВЛІННЯ ВОДНИМ РЕЖИМОМ ҐРУНТУ МЕТОДАМИ ФІТОМОНІТОРИНГУ (Журавльов О. В., Шатковський А. П., Коваленко І. О.).		149
	Список використаних джерел до розділу 4.	170

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕВАПОТРАНСPIРАЦІЇ (Журавльов О. В., Шатковський А. П., Черевичний Ю. О., Коваленко І. О.).		173
5.1	Метод Пенмана – Монтейта.	173
5.2	Біокліматичний метод А. М. і С. М. Алпатьєвих.	219
5.3	Біофізичний метод Д. А. Штойка.	225
5.4	Метод М. М. Іванова.	235
5.5	Визначення фактичної евапотранспірації томатів розрахунковими методами.	239
5.6	Порівняння розрахункових методів визначення евапотранспірації кукурудзи на зерно за краплинного зрошення.	246
5.7	Вплив водного стресу на евапотранспірацію сої.	253
5.8	Використання індексу водного стресу для контролю зрошення томату.	261
5.9	Дослідження строків призначення та припинення поливів.	268
5.10	Алгоритм управління водним режимом ґрунту.	274
	Список використаних джерел до розділу 5.	281

РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ МЕТЕОПАРАМЕТРІВ НА ТРАНСPIРАЦІЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН (Журавльов О. В.).		287
6.1	Вплив метеопараметрів на інтенсивність транспірації рослин томату.	287
6.2	Дослідження процесів транспірації томату.	303
6.3	Дослідження формування продуктивності томату в умовах зрошення.	305
	Список використаних джерел до розділу 6.	313

РОЗДІЛ 7

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ ТА ЕВАПОТРАНСPIРАЦIЯ СIЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.	316
7.1 МОРКВА (<i>Шатковський А. П., Ромащенко М. І.</i>).	319
7.1.1 Режим зрошення моркви.	319
7.1.2 Евапотранспірація моркви залежно від способу поливу і рівня передполивної вологості ґрунту.	322
7.1.3 Режим потенціалів ґрунтової вологи.	329
7.1.4 Вплив мікрозрошення моркви на мікроклімат.	332
7.1.5 Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	333
7.2 ТОМАТ (<i>Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Журавльов О. В., Васюта В. В., Черевичний Ю. О., Коваленко І. О.</i>).	340
7.2.1 Режим зрошення томату.	340
7.2.2 Евапотранспірація томату залежно від рівня передполивної вологості ґрунту.	346
7.2.3 Ефективність використання ґрунтової вологи томатами за різних рівнів передполивної вологості ґрунту.	352
7.2.4 Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту за краплинного зрошення.	354
7.2.5 Режим зрошення томату за підґрунтового краплинного зрошення.	357
7.2.6 Евапотранспірація томату за підґрунтового краплинного зрошення.	364
7.2.7 Ефективність використання ґрунтової вологи томатами за підґрунтового краплинного зрошення.	372
7.2.8 Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту за підґрунтового краплинного зрошення.	373
7.3 ЦИБУЛЯ РІПЧАСТА (<i>Шатковський А. П., Журавльов О. В., Васюта В. В., Черевичний Ю. О.</i>).	380
7.3.1 Режим зрошення цибулі ріпчастої.	380
7.3.2 Міжполивний період цибулі ріпчастої.	388
7.3.3 Евапотранспірація цибулі ріпчастої залежно від рівня передполивної вологості ґрунту.	394
7.3.4 Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	399
7.4 СОНЯШНИК (<i>Шатковський А. П., Ретьман М. С., Калілей В. В.</i>).	404
7.4.1 Режим зрошення соняшника.	404
7.4.2 Евапотранспірації соняшнику залежно від конструкції систем мікрозрошення.	409
7.4.3 Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	414

7.5	СОЯ і КУКУРУДЗА (Шатковський А. П., Поліщук В. В., Овчатов І. М.).	418
7.5.1	Режим зрошення сої та кукурудзи.	418
7.5.2	Евапотранспірація сої та кукурудзи залежно від способу зрошення.	422
7.5.3	Ефективність використання ґрунтової вологи за різних способів зрошення.	426
7.5.4	Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	428
7.6	НУТ (Шатковський А. П., Мельничук Ф. С. Гуленко О. І.).	434
7.6.1	Режим зрошення нуту.	434
7.6.2	Евапотранспірація нуту звичайного залежно від конструкцій систем мікрозрошення.	439
7.6.3	Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	445
7.7	ВАЛЕРІАНА ЛІКАРСЬКА (Шатковський А. П., Приведенюк Н. В., Журавльов О. В.).	452
7.7.1	Режим зрошення валеріани лікарської.	452
7.7.2	Евапотранспірація валеріани лікарської залежно від рівня передполивної вологості ґрунту.	456
7.7.3	Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	463
7.8	ЯБЛУНЯ (Шатковський А. П., Рябков С. В., Журавльов О. В., Усатий С. В., Мінза Ф. А.).	470
7.8.1	Режим зрошення яблуні.	470
7.8.2	Евапотранспірація яблуні залежно від методів призначення поливів.	477
7.8.3	Дослідження параметрів зон зволоження ґрунту.	483
	Список використаних джерел до розділу 7.	487

ДОДАТКИ

Додаток А.1.	Залежність зростання плода та зміни діаметра стебла від дефіциту тиску парів води в повітрі (VPD).	496
Додаток А.2.	Різниця температур повітря-листок.	497
Додаток А.3.	Залежність швидкості сокоруху по ксилемі від дефіциту тиску водяних парів.	498
Додаток А.4.	Залежність швидкості сокоруху по ксилемі від температури повітря.	499
Додаток А.5.	Залежність швидкості сокоруху по ксилемі від відносної вологості повітря.	500
Додаток А.6.	Залежність швидкості сокоруху по ксилемі від сонячної радіації.	501

ВСТУП

Ключовою передумовою розвитку зрошення є кліматичні зміни, що відбуваються як по всій земній кулі, так і в Україні. За темпами зростання середньорічної температури – понад 0,6 °C за 10 років – Україна посідає перше місце в Європі. Спостерігається тенденція до збільшення території із недостатньою кількістю опадів (менше ніж 400 мм) у теплий період. Сьогодні розвиток зрошення – це вже не суто економічний аспект, а фактично соціально-політичний. Адже йдеться про фактичну можливість аграрного виробництва, особливо в зоні Степу України. Станом на 2021 р. в Україні рахувалось 1,7 млн га зрошуваних земель. У 2020 р. фактично полив здійснювали на площі 551,4 тис. га, з них у Херсонській області – 256,7 тис. га (46,5 %), Запорізькій – 66,8 тис. га (12,1 %), Одеській – 41,0 тис. га (7,4 %), Миколаївській області – 34,6 тис. га (6,3 %).

На сучасному етапі розвитку агротехнологій у зрошуваному землеробстві важливою їх складовою є впровадження автоматизованих систем оперативного управління зрошенням. Ці аспекти враховано у «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 688-р, шляхом покращення експериментальної та лабораторної баз науково-дослідних, проєктних установ та організацій, що працюють над розширенням і поглибленням наукових досліджень і розробок, пов'язаних із підвищенням технічного рівня та удосконаленням технологій управління зрошувальними та дренажними системами.

Отже, необхідність проведення досліджень була обумовлена пошуком та обґрунтуванням науково-практичних підходів щодо підвищення ефективності систем оперативного управління водним режимом ґрунту на основі різних методів визначення евапотранспірації та призначення поливів сільськогосподарських культур. Це, своєю чергою, передбачало встановлення функціональних залежностей між вологістю ґрунту та показниками датчиків, параметрів для діагностики поливів методами фітотомоніторингу, визначення коефіцієнтів для різних сільськогосподарських культур за використання розрахункових методів визначення евапотранспірації у конкретних природно-кліматичних зонах, а також дослідження водного обміну рослин із метою отримання максимальної продуктивності сучасних сортів і гібридів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕНОСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПРЯМОВАНOSTІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наведено історію, сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку методів управління водним режимом ґрунту в зрошуваних умовах України та світі. Обґрунтовано необхідність управління водним режимом ґрунту для забезпечення максимальної продуктивності сортів і гібридів сільськогосподарських культур. На основі аналізу вітчизняних і закордонних літературних джерел наведено результати досліджень з управління водним режимом ґрунту інструментально-вимірювальними та розрахунковими методами в Україні та світі. Це стало підставою для визначення недостатньо вивчених методів управління водним режимом за зрошуваних умов.

Розробленню та науковому обґрунтуванню методів визначення евапотранспірації та оперативному управлінню зрошенням присвячено роботи багатьох учених. Найбільш відомими є праці: R. G. Allen [104; 105], G. Danlu [124; 125], J. L. Monteith [150], H. L. Penman [153], В. В. Васюти [11; 13], О. І. Жовтоног [19; 20], С. В. Коковіхіна [32; 33], М. О. Муромцева [46], В. П. Остапчика [59], В. А. Писаренка [62; 63], П. В. Писаренка [64; 65; 66], Р. А. Полуктова [67; 68], М. І. Ромашенка [74; 121; 161], П. В. Тищенко, О. В. Тищенко [83], В. О. Ушкаренко [88; 89], А. П. Шатковського [93; 96; 98] та ін.

1.1 Практичні аспекти напрямку досліджень та актуальність наукової проблеми

За глобальних змін клімату в період вегетації сільськогосподарських культур спостерігається доволі істотний негативний вплив погодних умов – зростання температур, зменшення відносної вологості повітря, кількості опадів та ін.), які, за низької природної вологозабезпеченості територій, не дають можливість реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів і гібридів.

У зрошуваному землеробстві реалізація цієї задачі потребує ретельного планування і своєчасного оперативного управління водним режимом ґрунту.

Ґрунтова волога має важливе значення для сільськогосподарського виробництва. Управління водним режимом ґрунту є важливим заходом підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Водний режим ґрунтів, це сукупність всіх явищ, пов'язаних з надходженням вологи в ґрунт, її пересуванням в ґрунті, витратою з ґрунту, зміна стану ґрунтової вологи. У поняття водний режим ґрунту входить не тільки поведінка вологи в самому ґрунті, а й обмін вологи між ґрунтом і іншими природними тілами, атмосферою, ґрунтом і живими організмами, головним чином – рослинами. Крім водного режиму ще розрізняють режим вологості ґрунту, який об'єднує всі явища збільшення або зменшення вмісту вологи в ґрунті [1; 35; 70; 71; 72].

Рішення про проведення чергового вегетаційного поливу приймається на основі використання того чи іншого підходу (методу) призначення термінів поливу. На сьогодні відомо безліч методів призначення строків вегетаційних поливів, які, за характерними ознаками та конструктивними особливостями, поділяють на 4 основні групи: по вологості ґрунту, розрахункові, біологічні (фізіологічні) і візуальні. Найбільш перевіреними й точними є методи першої групи, використання яких засноване на моніторингу вологості кореневого шару ґрунту. Їх, своєю чергою, поділяють на прямі (визначають вміст води у зразку ґрунту) і не прямі (визначають параметри, які знаходяться у тісному взаємозв'язку з вологістю ґрунту – капілярний потенціал, електро- і теплопровідність, електромісткість), точкові (вологість визначають в окремих репрезентативних точках (пробах) і площинні (вологість визначають одночасно з певної площі). Всього відомо понад 70 способів визначення вологості ґрунту [18]. Одним з недоліків методів першої групи є трудомісткість виконання робіт, що, в більшості випадків, ускладнює їх використання в сільськогосподарському виробництві. Цей недолік практично усунутий шляхом застосування нових технічних засобів. Більшість сучасних методів визначення

вологості ґрунту належать до групи непрямих методів, підгрупи «точкові вимірювання шляхом закладання датчиків (сенсорів) в репрезентативних точках» і базуються на визначенні параметрів, які знаходяться в тісному кореляційному зв'язку з вологістю ґрунту (діелектричної проникності ґрунту, інтенсивності поляризації введених в ґрунт електродів та ін.) [4; 7; 15; 19; 62; 66; 90; 91; 98; 103; 110; 189].

Сучасні інструментальні методи моніторингу динаміки вологості ґрунту дозволяють вчасно визначити зниження вологості до розрахункового рівня, але для їх використання необхідно встановити функціональну залежність між вологістю ґрунту та показниками датчиків [96]. Застосування фітотимоніторингу для управління поливом дозволяє оптимізувати режим зрошення, допомагає виробнику вчасно прийняти рішення про проведення чергового поливу [50; 53; 122; 128; 129; 171; 172; 174; 177]. Для його практичного застосування також необхідною умовою є визначення критеріїв для діагностування поливу. На сьогодні обладнання для інструментального методу управління зрошенням досить коштовне, вологість ґрунту вимірюється в окремо взятих репрезентативних точках. Цього позбавлені розрахункові методи управління зрошенням, які дозволяють охопити значні площі. Розрахункові методи, зокрема Пенмана – Монтейта, який найбільше використовується у сучасних інтернет-метеостанціях, вимагають корегування до ґрунтово-кліматичних умов та культур за фазами їх вирощування [1; 13; 32; 49; 104–106; 116; 120; 160; 161; 166; 186].

За управління водним режимом ґрунту на основі інструментальних методів один або декілька датчиків відстежують зміну вмісту вологи в ґрунті, і полив призначають при зниженні вологості в розрахунковому шарі до передполивного рівня. При використанні датчиків вологості ґрунту можна автоматизувати полив. Головними факторами для визначення правильних критеріїв початку поливу на основі датчиків вологості ґрунту є: спосіб поливу (краплинний, дощування), сільськогосподарська культура і стадія її розвитку, характеристики ґрунту. Більшість контролерів на основі

датчиків вологості ґрунту функціонують наступним чином, подача команди на включення поливу подається коли вимірний рівень вологості ґрунту падає до порогового значення, встановленим користувачем, заданої нормою поливу. Існують контролери, які починають і закінчують полив на основі двох заздалегідь заданих значеннях вологості ґрунту. Перший налаштований на порогове значення вологості, а другий – на рівень близький до найменшої вологомісткості. Перевага інструментальних методів управління зрошення в порівнянні з розрахунковими полягає в тому, що ці системи фіксують фактичну кількість води, яка потрапила у ґрунт після опадів або поливу [15; 19; 69; 74; 83; 96; 112; 115; 121; 140; 167].

Управління зрошенням на основі евапотранспірації зводиться до балансових розрахунків. Полив призначається при зниженні запасів у ґрунті до передполивного рівня. Норма поливу розраховується залежно від розрахункового шару, типу ґрунту і передполивного рівня вологості. Перевага цього методу полягає в можливості оперативного управління поливом великої кількості площ, не висока вартість. Недоліки – необхідно фіксувати опади і враховувати коефіцієнт їх використання, контролювати норму поливу. При розрахунку евапотранспірації одним із розрахункових методів необхідно використовувати адаптовані коефіцієнти культур для конкретних ґрунтово-кліматичних умов [5; 8; 11; 20; 35; 44; 63; 67; 76; 99; 113; 118; 181].

Отже, необхідність проведення досліджень була зумовлена пошуком наукових підходів щодо підвищення ефективності управління водним режимом ґрунту на основі різних методів призначення поливів, що передбачає встановлення функціональної залежності між вологістю ґрунту та показниками датчиків, встановлення параметрів для призначення поливу методами фітомоніторингу, визначення коефіцієнтів для різних сільськогосподарських культур за розрахункових методів у конкретних природно-кліматичних зонах, а також дослідження впливу екологічних чинників на транспірацію та продуктивність рослин з метою отримання максимальної продуктивності сучасних сортів і гібридів.

1.2 Управління водним режимом ґрунту інструментальними методами

Вода в степу України, фактор що лімітує вирощування сільськогосподарських культур. Тільки на зрошуваних землях вдається отримувати високі врожаї, що наближуються до біологічно можливих. Для оперативного управління режимом зрошення необхідною умовою є постійне спостереження за зміною вологості ґрунту в часі для запобігання надмірного зрошення, що призводить до втрат води й вимивання добрив, або недостатнього зрошення, в результаті якого з'являється дефіцит вологи. Необґрунтоване підвищення норми зрошення підвищує собівартість продукції від додаткових витрат на воду. Використання датчиків вологості ґрунту допомагає виробникам при плануванні зрошення, шляхом надання інформації про стан вологості ґрунту. Це забезпечує ефективність використання води, достатньою для задоволення потреб рослин без надлишку та дефіциту.

Для моніторингу вологості ґрунту широкого розповсюдження набув інструментальний метод, при правильному застосуванні якого можливо уникнути надлишку або дефіциту води в ґрунті [15; 19; 43; 69; 96; 115; 149]. Датчики вологості ґрунту зручний інструмент для вимірювання об'ємної вологості ґрунту, а точність її вимірювання важлива для досліджень пересування вологи за профілем та для розрахунку водного балансу. Вченими [137] встановлено, що застосовуючи рівняння, яке отримано за результатами калібрування, точність вимірювання вологості ґрунту підвищується з ± 6 до ± 1 %. Також встановлено, що неправильне вимірювання вологості ґрунту може призвести до помилки у 18 % при визначенні запасів води в ґрунтовому профілі.

Вологість ґрунту можна визначати двома способами. Перший з них заснований на вилученні з шару ґрунту зразка з подальшим визначенням вмісту вологи в ньому. Другий – передбачає монтаж у визначеному шарі ґрунту датчика вологості, за допомогою якого шляхом відповідного відліку в будь-який час можливо виміряти вологість у точці, у якій встановлено датчик. Вологість ґрунту вимірюють двома методами: кількісним і якісним.